



Thüringer Landesanstalt
für Umwelt und Geologie



Klimawandel in Thüringen – *eine Herausforderung in unserer Zeit*

Ministerium für Landwirtschaft,
Naturschutz und Umwelt

FREISTAAT
THÜRINGEN



Klimawandel in Thüringen –
*eine Herausforderung
in unserer Zeit*

Inhaltsverzeichnis

Wetter und Klima – so populär wie nie

Klima und Klimasystem

- Wie hängen Wetter, Witterung und Klima zusammen und wodurch unterscheiden sie sich?
- Woraus besteht das Klimasystem und was bewirkt es?
- Seit wann gibt es Klima auf der Erde und welche Rolle spielt der Mensch im Klimasystem?
- Welche Auswirkungen haben zum Beispiel Treibhauseffekt und Golfstrom auf das Klima?
- Worin besteht der Unterschied zwischen globalem und lokalem Klima?

Klimamodelle und Klimaszenarien

- Wie kann man Klima modellieren?
- Welche Einflüsse werden in Klimaszenarien berücksichtigt?
- Hat Thüringen ein spezielles Klima und worin bestehen die Besonderheiten?
- Wie entwickelte sich das Klima in Thüringen in den letzten 50 Jahren?
- Welche Klimaveränderungen sind in Thüringen in den nächsten 50 Jahren möglich?

Klima – Anpassung und/oder Einflussnahme

- Welche Risiken und welche Chancen bergen Klimaveränderungen in sich?
- Wie können wir uns auf Klimaveränderungen einstellen?

Weiterführende Literatur

Einige interessante Internet-Seiten zum Thema

Wetter und Klima – so populär wie nie

Kurz und bündig soll Ihnen diese Broschüre die Zusammenhänge zwischen Wetter und Klima im Allgemeinen und dem Klimawandel in Thüringen im Besonderen erläutern.

Wetter gehört bei aller Ernsthaftigkeit des Themas heutzutage zum täglichen Entertainment und ist präsent in allen Medien, vor allem in Rundfunk und Fernsehen und im Internet. Kein weiteres, an sich rein naturwissenschaftliches Phänomen wird so vermarktet. Woran liegt das?

Wetter ist ein faszinierender, hochdynamischer Prozess und zeigt sich uns in täglich neuen Facetten. Die Medien sind inzwischen in jedem Winkel der Erde präsent. Satelliten umkreisen die Erde, senden ständig aktuelle Bilder und liefern so immer Aktualität. Wetterwirkungen versteht man aus dem Gefühl und Empfinden für Kälte und Wärme, für Nässe und Trockenheit und für Licht und Dunkelheit. Ähnlich wie bei einer täglichen Vorabendserie im Fernsehen agieren auch beim Wetter meist wenige Mitspieler – in Form von Sonne, Wolken, Regen oder als Hoch- und Tiefdruckgebiete – in ständig wechselnden Konstellationen und mit immer neuen Höhepunkten und Überraschungen. Und vor allem berührt das Wetter auch die Emotionen der Menschen, wenn zum Beispiel über Hitzewellen, Dürren oder Überschwemmungen berichtet wird.

Im Gegensatz zum teilweise abrupt wechselnden Wetter wird Klima nach Zeiträumen von Jahrzehnten bis hin zu Jahrtausenden bestimmt. Dabei durchläuft es Schwankungen und zeitliche Trends, die zum Beispiel zu langfristigen, nachhaltigen Veränderungen von Temperaturen und Niederschlagsverhalten führen können und für lange Zeit das Leben auf unserer Erde in unterschiedlichen Formen positiv oder negativ beeinflussen. Ein Klimawandel auf unserer Erde wirkt ökologisch auf alles Leben, sozial auf Menschen und Tiere und wirtschaftlich auf die Menschen. Wegen des unterschiedlichen Anpassungsvermögens, sich auf wechselnde Klimabedingungen einstellen zu können, gibt es dabei Gewinner und Verlierer.

Die Klimaforschung ist ein wachsender wissenschaftlicher Schwerpunktbereich. Damit sollen Chancen und Risiken vorausschauend erkannt werden, um auch in Zukunft ein lebenswertes Dasein für alle Lebensformen zu sichern.

Klima und Klimasystem

Wie hängen Wetter, Witterung und Klima zusammen und wodurch unterscheiden sie sich?

Gemeinsam ist allen drei Begriffen, dass sie sich auf meteorologische Größen, also zum Beispiel Temperatur, Niederschlag, Sonnenschein und auf Wettererscheinungen beziehen. Sie unterscheiden sich jedoch durch die Betrachtungszeiträume.

Wetter ist die Abfolge von Regen, Schnee, Sonne usw. in einem Zeitraum von Stunden oder wenigen Tagen. Wettererscheinungen sind unmittelbar spürbar. Wetter wird nur für wenige Tage vorhergesagt und konkretes Wetter gerät auch schnell wieder in Vergessenheit, wenn es sich nicht um ein für die Jahreszeit völlig ungewöhnliches Wetter handelt.

Witterung ist die Abfolge des Wetters über einen Zeitraum von etwa einer Jahreszeit bis zu mehreren Jahren. Charakteristische Zeiträume nennt man Witterungsperioden, wie beispielsweise der heiße und trockene Sommer 2003. Besonders kalte, schneereiche Winter bzw. trockene und heiße Sommer prägen unser Empfinden ebenso wie die gegenteiligen Erscheinungen, weil sie von uns als nicht „normal“ angesehen werden.

Klima ist nach Definition der bei der UNO ansässigen Weltorganisation für Meteorologie (WMO) der mittlere Zustand mit einer charakteristischen Variabilität (Schwankungsbereich) der meteorologischen Elemente über einen langen Zeitraum. Eingebürgert hat sich ein Mindestzeitraum von 30 Jahren. Nach oben sind aber nahezu keine Grenzen gesetzt, denn die Klimahistoriker verfolgen das Klima Jahrmillionen weit zurück.

Wir empfinden Klimazustände als normal, wenn über viele Jahre hinweg mit hoher Wahrscheinlichkeit zu vergleichbaren Zeiten im Jahr immer wieder ähnliches Wetter mit bestimmten Temperaturen oder Niederschlägen usw. eintritt.

Wichtig ist, dass das Klima durch das Wetter charakterisiert wird. Es wird aber durch viele andere Vorgänge beeinflusst, die sich nicht in der Atmosphäre abspielen, sondern direkt auf der Erde oder im Wasser bzw. Eis.

Woraus besteht das Klimasystem und was bewirkt es?

Wetter und Klima spielen sich in der Lufthülle unserer Erde ab. Innerhalb der Atmosphäre vollzieht sich ein ständiger Ausgleich zwischen Luftdruck-, Temperatur- und Feuchteunterschieden. Das Bestreben nach Ausgleich bewirkt Luftströmungen.

Die Lufthülle unserer Erde hat zwei Randbereiche, nach oben den Weltraum und nach unten die Erdoberfläche. Aus dem Weltraum durchstrahlt die Sonne mit ihrer Energie die Luftschicht und erwärmt diese sowie die Erdoberfläche. Da die Erdoberfläche aus den verschiedenartigsten Materialien besteht, werden diese dabei unterschiedlich warm. Hinzu kommt noch, dass durch die Kugelgestalt der Erde und durch die unterschiedlichen Geländeformen die Einstrahlwinkel der Sonnenenergie unterschiedlich sind. Dadurch entwickeln sich zusätzliche Temperaturunterschiede an der Oberfläche. Durch nächtliche Wärmerückstrahlung von den Oberflächen an die Atmosphäre kühlen sich die Oberflächen und die unmittelbar darüber liegende Luftschicht ab.

Je mehr beispielsweise in Städten die Oberfläche aus wärmespeicherndem Mate-

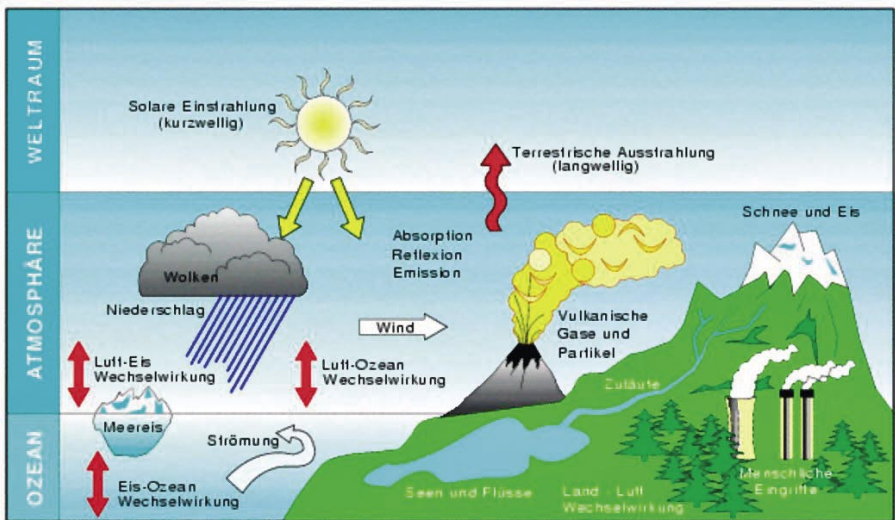


Abb. 1: Das Klimasystem (Quelle: Hamburger Bildungsserver)

rial besteht, desto größer ist das Erwärmungspotenzial der darüber liegenden Luft und desto kleiner sind die Abkühlungseffekte. Unversiegelte Flächen mit feuchten Wiesen besitzen demgegenüber ein großes nächtliches Abkühlungsvermögen.

Das Klimasystem umfasst neben der Lufthülle auch die angesprochenen Randbereiche. Es ist kurzgesagt ein hochkomplexes und durch vielfältige Wechselwirkungen und Rückkopplungen gekennzeichnetes Natursystem, das aber durch menschliche Einflüsse verändert werden kann und bereits mannigfaltig verändert wird. Es strebt dabei stets nach einem inneren Gleichgewicht, das sich auf einem mittleren Niveau der beteiligten Subsysteme einstellt.

Seit wann gibt es Klima auf der Erde und welche Rolle spielt der Mensch im Klimasystem?

Klima gibt es schon solange, wie es eine Lufthülle um unseren Planeten gibt, das heißt seit 700 bis 800 Mio. Jahren. Recht detailliert lässt sich das Klima für die letzten 100.000 Jahre rekonstruieren.

Seit der Existenz der Lufthülle pendelt das Klima ständig um einen mittleren Zustand, die sogenannte Variabilität, auch als Klimarauschen bezeichnet.

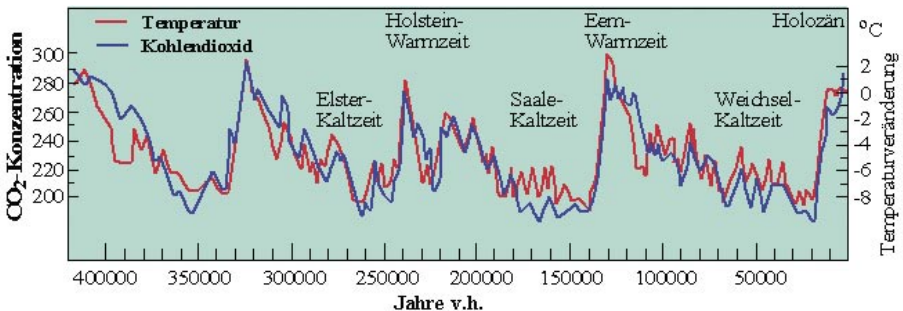


Abb. 2: Temperaturveränderung und CO₂-Konzentration der Atmosphäre in den letzten 420 000 Jahren (Quelle: Hamburger Bildungsserver)

Neben der Variabilität gibt es langfristige periodische Veränderungen, die einen Klimawandel charakterisieren. Während dieser Zeiten treten bestimmte einheitliche Trends bei meteorologischen Größen auf. Solche langfristigen Phasen waren beispielsweise die Eiszeiten, in denen das Klimasystem völlig anders als heute strukturiert war.

Kommen wir nun zur Rolle des Menschen im Klimasystem. Während der Mensch für die Existenz von Klima nicht erforderlich ist, so ist umgekehrt der Mensch sehr vom Klima abhängig. Im Verlauf der Zeit hat er sich zudem zu einem bedeutenden Beeinflusser des Klimas entwickelt.

Als „Konsument“ der Luft stellt der Mensch hohe Ansprüche an die Luftqualität, aber auch an Temperatur, Feuchte oder Wind. Aufgrund seiner biologischen Spezifik ist für ihn das Klima nur in bestimmten Temperaturgrenzen ohne zusätzlichen Schutz erträglich, ganz abgesehen von seinen Nahrungsgrundlagen, die nur innerhalb einer relativ kleinen Schwankungsbreite des Klimas gedeihen.

Das Eingreifen durch den Menschen in das Klimaregime geschieht auf vielfältige Weise. An erster Stelle steht die Veränderung der Luftzusammensetzung durch Treibhausgase, aber auch durch jegliche Form von Schadstoffen aus Abgasen. Dadurch werden auch die physikalischen Eigenschaften der Luft verändert.

Treibhausgase lassen die kurzwellige Sonnenstrahlung nahezu ungehindert passieren, während sie die langwellige Wärmeausstrahlung der Erdoberfläche und

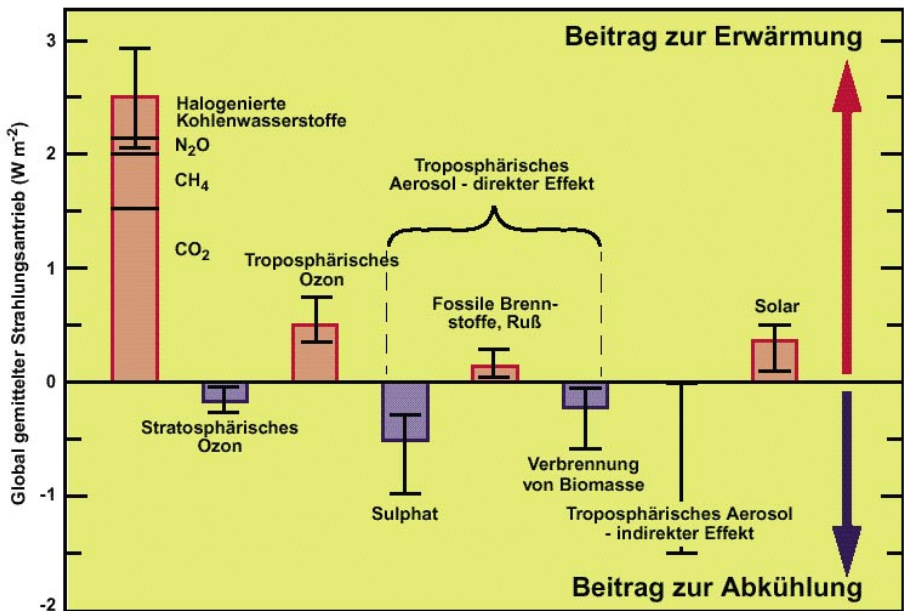


Abb. 3: Erwärmungs- und Abkühlungspotenziale von Luftbestandteilen
(Quelle: Hamburger Bildungsserver)

der Atmosphäre stark absorbieren. Sie sind auch als natürliche Bestandteile der Luft am Treibhauseffekt beteiligt. Es handelt sich vor allem um Wasserdampf, Kohlendioxid, Methan, Lachgas, Ozon und Fluorchlorkohlenwasserstoffe.

Die folgende Tabelle zeigt die Konzentration von Spurengasen in der natürlichen Luft, also in einer Atmosphäre, die nicht durch luftfremde Stoffe in ihrer Zusammensetzung verändert ist. Außerdem ist dargestellt, wie stark die einzelnen Spurenstoffe am natürlichen Treibhauseffekt beteiligt sind.

Aber auch durch Veränderungen an der Erdoberfläche beeinflusst der Mensch das Klima. Durch Landnutzungsänderungen zum Beispiel werden das Wasseraufnahme- bzw. -haltevermögen des Bodens als Teil des Klimasystems und dadurch die Temperaturen und Feuchtegehalte der bodennahen Luftschicht verändert.

Tab. 1: Beitrag von Spurengasen der Atmosphäre zum natürlichen Treibhauseffekt
(Quelle: Schönwiese, Klimaänderungen, 1995)

Treibhausgas	Konzentration	Beitrag zum natürlichen Treibhauseffekt	
		Temperaturerhöhung	Anteil am Gesamteffekt
Wasserdampf (H ₂ O)	1 – 4 %	20,6 °C	62 %
Kohlendioxid (CO ₂)	358 ppm	7,2 °C	22 %
Ozon, bodennah (O ₃)	0,03 ppm	2,4 °C	7 %
Distickstoffoxid (N ₂ O)	0,31 ppm	1,4 °C	4 %
Methan (CH ₄)	1,72 ppm	0,8 °C	2,5 %
andere		0,6 °C	2,5 %

Welche Auswirkungen haben zum Beispiel Treibhauseffekt und Golfstrom auf das Klima?

In den letzten Jahren tauchen im Zusammenhang mit Klima Begriffe wie Treibhauseffekt oder Golfstrom häufiger auf.

Beide Phänomene sind natürlichen Ursprungs, also nicht durch menschliche Einflüsse hervorgerufen und würden auch ohne den Menschen auftreten. Vom natürlichen Treibhauseffekt, durch die in der Luft vorhandenen klimarelevanten Gase Wasserdampf, Kohlendioxid Methan, Distickstoffoxid u. a. hervorgerufen, profitieren wir alle, da er die mittlere Temperatur der Erde an ihrer Oberfläche um $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ ¹ gegenüber einer Erde ohne Atmosphäre erhöht. Die Temperatur würde ohne Treibhauseffekt bei $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ liegen, was allem Leben mit Sicherheit abträglich wäre. Sorgen bereiten die durch die Menschen zusätzlich eingebrachten Mengen an diesen und anderen gasförmigen Stoffen, die die Temperatur der Atmosphäre weiter verändern und den sogenannten anthropogenen Treibhauseffekt bewirken.

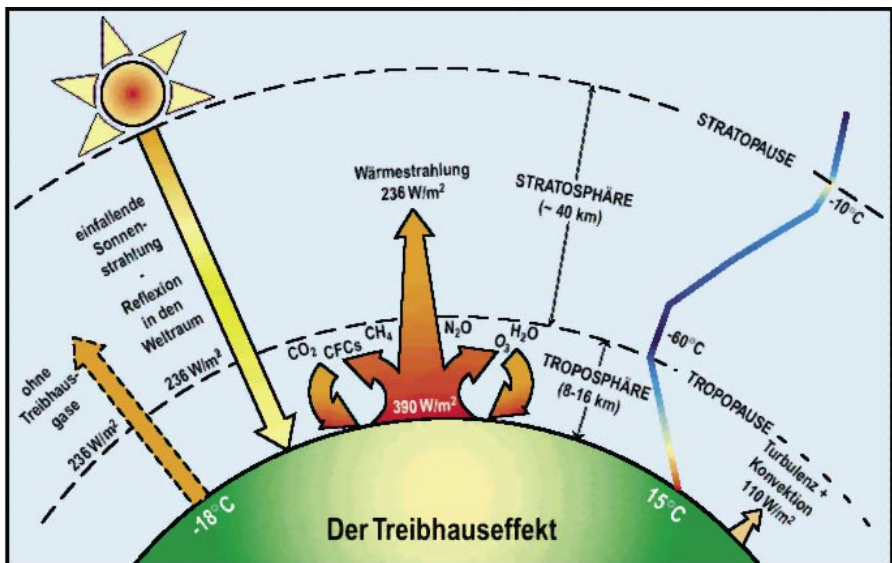


Abb. 4: Der Treibhauseffekt (Quelle: Hamburger Bildungsserver)

¹ Im Gegensatz zur wissenschaftlichen Literatur werden Temperaturänderungen in dieser Broschüre des einfacheren Verständnisses wegen generell in Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$) und nicht in Kelvin (K) angegeben.

Der Golfstrom ist eine für uns Europäer segensreiche atlantische Meeresströmung, die warmes Wasser von der Karibik bis nach Skandinavien führt und als Warmwasserheizung Europas bezeichnet wird. Dadurch liegen die Temperaturjahresmittelwerte in England bei gleicher geografischer Breite deutlich höher als beispielsweise in Kanada (London: 10,7 °C; Ottawa 5,7 °C). Diese Meeresströmung ist relativ stabil. Gravierende Veränderungen im ozeanischen Teil des Klimasystems können den Golfstrom jedoch zeitweise so beeinflussen, wie dies beispielsweise während der „kleinen Eiszeit“ im Mittelalter vorgekommen ist. Dabei war Island fast vollständig vom Packeis eingeschlossen. Solange das Klimasystem im Gleichgewicht bleibt und die globale Erwärmung innerhalb dieses Jahrhunderts 2 °C nicht überschreitet, besteht nach Ansicht der Wissenschaft auch in Zukunft keine Gefahr für den Golfstrom.

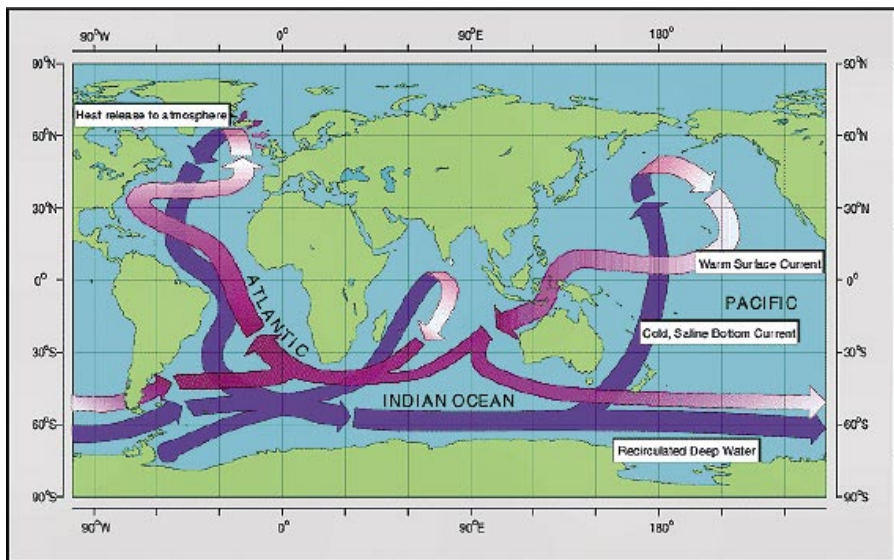


Abb. 5: Ozeanische Strömungssysteme (mit dem Golfstrom)

(Quelle: Max-Planck-Institut für Meteorologie)

Worin besteht der Unterschied zwischen globalem und lokalem Klima?

Während das globale Klima sich auf die Erde insgesamt bezieht, lassen sich auch regionale und lokale Klimata definieren. Regional gibt es beispielsweise die Klimazonen der Erde, innerhalb derer sich Europa in den gemäßigten Breiten befindet. Den regionalen Bereich kann man weiter z. B. hinsichtlich europäischem, mitteleuropäischem, deutschem oder Thüringer Klima unterscheiden. Unterhalb

dessen ist im lokalen Bereich noch das Stadt- oder Kurortklima anzusiedeln. In allen Bereichen sind spezifische Besonderheiten zu beachten.

Während global nur einige wenige Größen, wie die geografische Lage der Land- und Meerverteilung, große Gebirge und Meeresströmungen beim Klima dominieren, steigt, je kleiner der Raum wird, die Differenziertheit der wirksamen Einflüsse, aber auch die Möglichkeit der Einbeziehung beachtenswerter Prozesse im Klimasystem an. Der Thüringer Wald spielt z. B. aufgrund seiner Ausmaße für das globale Klima nur eine geringe Rolle. Hat man aber das Klima Mitteleuropas oder gar das Thüringens im Blick, wird er zu einem der dominierenden Elemente im Klimasystem.

In der Praxis sieht das so aus, dass für Fragestellungen in Thüringen viel detailliertere Prozesse, die auch nur geringe räumliche Ausdehnung haben, berücksichtigt werden können. Zu den lokalen und regionalen Einflussgrößen zählen insbesondere die Höhenlage, Hangneigungen, Richtungen von Hängen und die detaillierte Landnutzung.

Hier wirken kleinräumige Strömungssysteme, wie die sogenannten Kaltluftflüsse und regionale Windsysteme. Die vorhandenen Mittelgebirge bieten die Voraussetzung für das Entstehen von thermischen Windsystemen sowie damit verbundene Luv- und Lee-Effekte. Die Luv-Seite ist die dem Wind zugewandte Seite des Gebirges und die Lee-Seite die dem Wind abgewandte Seite.

Unter Kaltluftflüssen versteht man, dass kalte Luft, die aufgrund ihrer Dichte schwerer ist als warme, sich nach Sonnenuntergang in höher gelegenen Gebieten und an Hängen bildet und im Laufe der Nacht in die Täler abfließt.

Aus der standortbezogenen Kenntnis solcher detaillierten Informationen und deren Berücksichtigung bei der Klimaproblematik ergeben sich Chancen für die Entwicklung vorausschauender Anpassungsstrategien, um Folgen eines großräumigen Klimawandels kleinräumig abzumildern.

Klimamodelle und Klimaszenarien

Wie kann man Klima modellieren?

Wer sich vielleicht fragt, wenn schon die Wettervorhersage unsicher ist, wie kann man dann einer Klimamodellierung trauen, dem kann gesagt werden, dass das

zwei völlig unterschiedliche Herangehensweisen sind. Während der Wetterzustand weitgehend aufgrund von Beobachtungen augenblicklicher dynamischer Zustände in der Atmosphäre bewertet wird, kommen für die Klimamodellierung im Wesentlichen zwei Methoden in Frage, die beide auf mathematischen Modellen basieren.

Mit der sogenannten numerischen Modellierung werden die Wechselwirkungen im Klimasystem möglichst realitätsnah in Gittermodellen simuliert und daraus Klimagrößen berechnet. Gegenwärtig ist es aber vor allem für regionale Aussagen noch recht unsicher, da bei weitem nicht alle Wechselwirkungen im Klimasystem hinreichend bekannt sind.

Das in Thüringen verwendete Verfahren basiert auf mathematischer Statistik. Es nutzt beobachtete Wetterdaten, gekoppelt mit Aussagen globaler Klimamodelle für die Ableitung von Zukunftsszenarien. Bereits abgelaufene Klimaperioden werden analysiert und entsprechend der zu erwartenden sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Entwicklung in Szenarien projiziert. Dadurch liefert es Ergebnisse, die sich innerhalb plausibler Grenzen bewegen.

Welche Einflüsse werden in Klimaszenarien berücksichtigt?

Welche Kriterien in Klimaszenarien einfließen können, hängt wie bereits erwähnt, vom Betrachtungsraum ab. Je kleiner dieser wird, umso mehr Einflüsse können in den Modellen berücksichtigt werden.

Die globale Klimaveränderung wird weltweit in verschiedenen Rechenzentren untersucht, unter anderem im Deutschen Klimarechenzentrum Hamburg. Zur wissenschaftlichen Erforschung dieses Phänomens wurde bereits Ende der 80er Jahre eine internationale Expertengruppe mit der Bezeichnung „Intergovernmental Panel on Climate Change“ (IPCC) gebildet, die unter anderem erforscht, welche Einflussgrößen berücksichtigt werden müssen. Neben den natürlichen Wechselwirkungen im Klimasystem fließen in die Szenarien auch prognostizierte wirtschaftliche, politische und soziale Entwicklungen ein, also beispielsweise die Bevölkerungsentwicklung, das Konsumverhalten und die Rohstoffvorräte in der Welt.

Ein solches Ergebnis ist für Thüringen nur bedingt verwendbar, da die charakteristischen Besonderheiten damit nicht beschrieben werden können. Deshalb wurde das weltweit anerkannte Verfahren des sogenannten statistischen „Downscalings“ angewendet. Kleinskalig beobachtete Muster entstammen beispielsweise den Da-

ten der Wetterstationen in Thüringen und Umgebung. Diesen Datensätzen wohnen bereits typische Charakteristika und Trends inne, die die Besonderheiten des Standortes verkörpern, z. B. eine Berg- oder Hanglage mit den daraus resultierenden Luv- oder Lee-Effekten, kleinräumige Strömungen oder die Nähe zu einer Stadt.

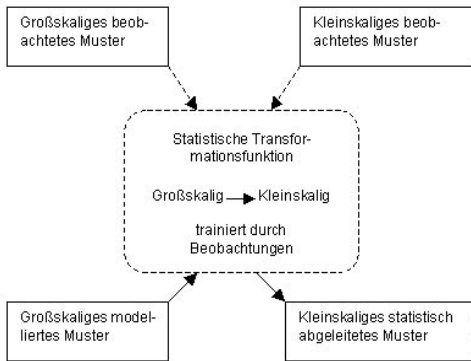


Abb. 6: Methodik des verwendeten Downscaling-Verfahrens
(Quelle: Warnsignal Klima, 1998)

Je dichter und gleichverteilter das Netz verfügbarer Daten ist, desto besser können flächendeckende Aussagen, aber auch typische Besonderheiten für einzelne Stationen abgeleitet werden. In die Thüringer Untersuchungen flossen tägliche Daten von bis zu 213 Stationen ein, die teilweise seit 1951 vorlagen.

Dazu gehört im Schillergässchen in Jena eine der ältesten deutschen Messstationen, die bereits 1813 durch Geheimrat Goethe begründet wurde und die mit ihrer Messreihe in wenigen Jahren auf ein 200jähriges Bestehen zurückblicken kann. Meteorologische Daten von langfristig betriebenen Messstationen sind auch in Zukunft für die Verfolgung des Klimas außerordentlich wichtig.

Hat Thüringen ein spezielles Klima und worin bestehen die Besonderheiten?

Um diese Frage zu beantworten, gehen wir vom Freistaat Thüringen in einen noch kleineren Bereich über. Es ist erkennbar, dass eine Stadt gegenüber einem Wald oder einem See ein anderes Klima hat. Die räumliche Aneinanderreihung dieser verschiedenen Klimate führt zu einer Kombination in einem größeren Gebiet, in dem z. B. auch Berge und Täler auftreten. Das Klima eines solchen Gebietes wie des Freistaates Thüringen ist ein Produkt der Wechselwirkungen der Einzelklimate. So hat jedes Bundesland ein von seiner Struktur geprägtes Klima, erst alle zusammen bilden mitteleuropäisches Klima.

Die Wechselwirkungen verschiedener Klimate werden umso größer, je vielfältiger die Strukturen sind, also je mehr unterschiedliche Landnutzungsformen auftreten und je mehr Relief das Gelände aufweist. Mit diesen Voraussetzungen können wir gut das Besondere am Thüringer Klima beschreiben und es von dem anderer Bundesländer unterscheiden.

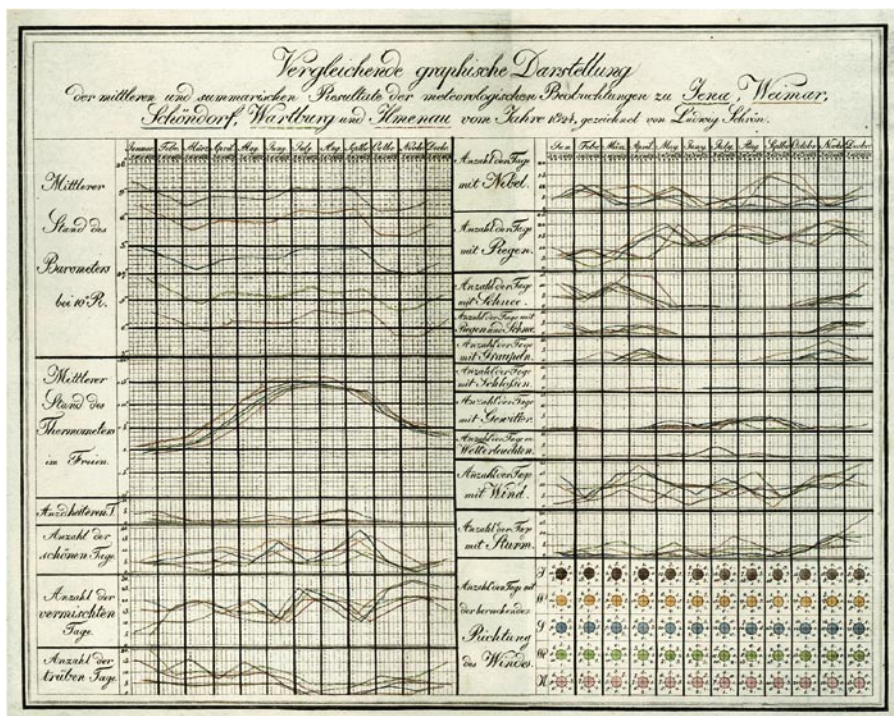


Abb. 7: Wetteraufzeichnung aus dem Jahr 1824 (Quelle: Friedrich-Schiller-Universität Jena)

Prägend für das Klima in Thüringen sind vor allem die Mittelgebirge Thüringer Wald und Schiefergebirge, Rhön und Harz, aber auch die kleineren Höhenzüge, wie der Hainich und im Norden und Nordosten Hainleite, Kyffhäuser, Finne, Schrecke und Schmücke. Alle Erhebungen führen in Luv und Lee zu typischen klimatologischen Erscheinungsbildern bei den meteorologischen Größen Lufttemperatur, Windrichtung und -geschwindigkeit, Niederschlag und Sonnenscheindauer (Globalstrahlung). Die Lage der Gebirge in Thüringen mit dem dominierenden Thüringer Wald von Nordwest nach Südost unterscheidet das Thüringer Klima zum Beispiel sehr von dem Sachsens, das vom Erzgebirge geprägt wird, welches aber von Südwest nach Nordost verläuft.

Das Thüringer Becken gehört aufgrund seiner Lage im Lee, also im Regenschatten von Thüringer Wald und Harz, zu den trockensten Gebieten Deutschlands. Zwischen diesem Bereich und den Höhenlagen besteht ein Unterschied von ca.

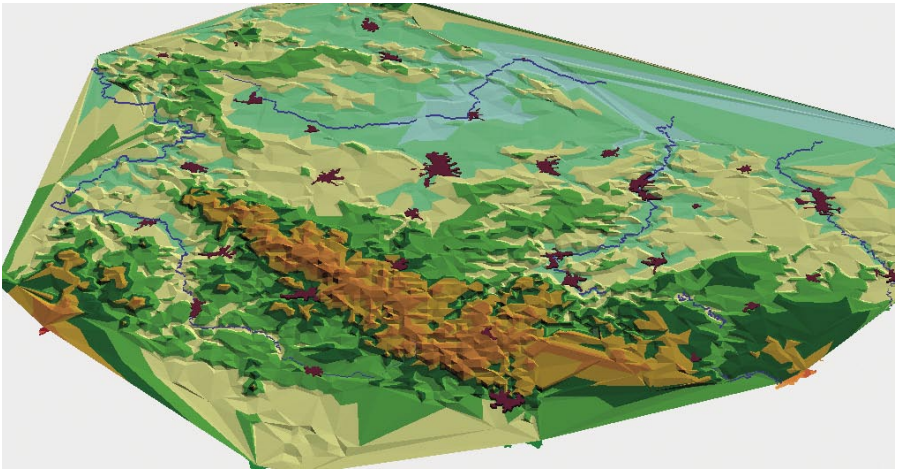


Abb. 8: Höhenrelief Thüringens von Süden aus (im Vordergrund der Thüringer Wald)

700 Liter/m² Niederschlag im Jahr. In Thüringen existiert ein bis in den Raum Halle/Leipzig reichendes Regionalwindssystem, das bei Hochdruckwetterlagen auftritt und dabei durch lokale Kaltluftflüsse beeinflusst wird. Dies sind einige der spezifischen Besonderheiten des Thüringer Klimas. Hinzu kommt, dass Thüringen in einem Gebiet liegt, wo sich atlantische, also feuchte und kontinentale, trockene Einflüsse etwa die Waage halten.

Wie entwickelte sich das Klima in Thüringen in den letzten 50 Jahren?

Das Klima der Vergangenheit zu bestimmen, ist leichter, als in die Zukunft zu schauen. Dafür stehen bereits Messdaten, insbesondere des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zur Verfügung. Deren Auswertung ergibt das auf den folgenden Seiten dargestellte Bild.

Als erstes wird die Lufttemperatur betrachtet.

Die Jahresmitteltemperatur hängt von der Höhenlage ab und liegt zwischen 5 bis 6 °C in den Kammlagen des Thüringer Waldes bis zu knapp 10 °C im Thüringer Becken.

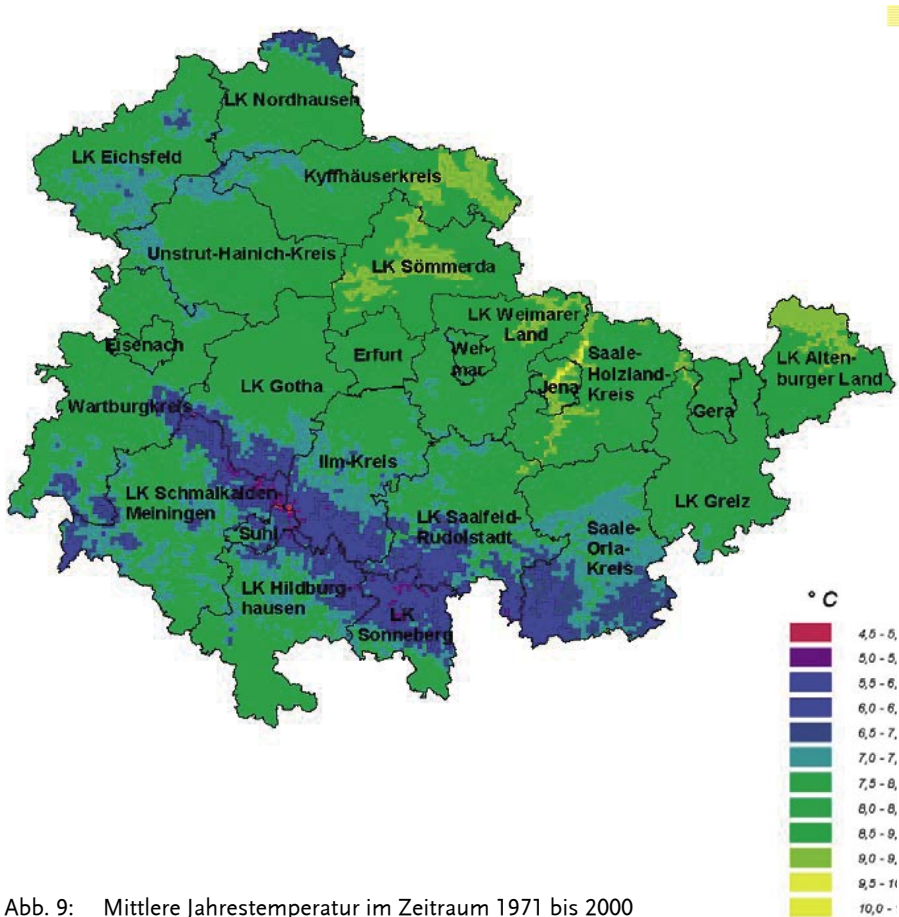


Abb. 9: Mittlere Jahrestemperatur im Zeitraum 1971 bis 2000
(Quelle: Deutscher Wetterdienst)

Der Jahrestrend der letzten 50 Jahre zeigt eine allgemeine Temperaturzunahme. Die Stärke des Trends variiert ebenfalls in Abhängigkeit von der Höhenlage. So sind im Mittelgebirge großflächig geringere Temperaturerhöhungen von bis zu 0,4 °C gegenüber stärkeren mit 1,2 °C im Thüringer Becken festzustellen (Abb 10).

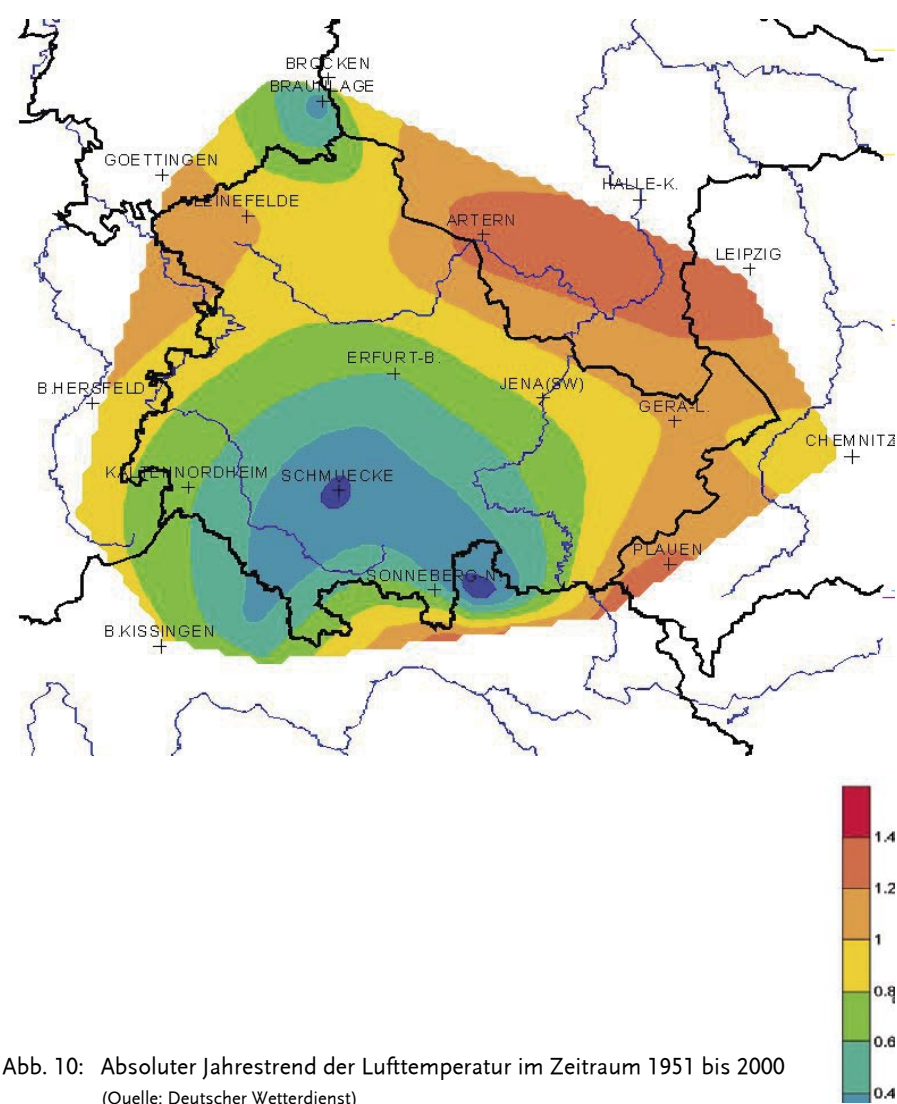


Abb. 10: Absoluter Jahrestrend der Lufttemperatur im Zeitraum 1951 bis 2000
(Quelle: Deutscher Wetterdienst)

Die Erwärmung betrifft alle Jahreszeiten mit Ausnahme des Herbstes, am stärksten jedoch den Winter mit 1,8 °C bis 2 °C im Thüringer Becken und 1,2 °C im Thüringer Wald. Im Herbst treten flächendeckende Temperaturabnahmen auf, die im Mittelgebirge bis zu 0,4 °C betragen.

Die mittleren Jahresniederschläge im Zeitraum 1971 bis 2000 variieren zwischen dem Thüringer Becken mit 400 bis 500 mm und den Kammlagen des Thüringer Waldes mit 1100 bis 1200 mm außerordentlich stark² (Abb. 11).

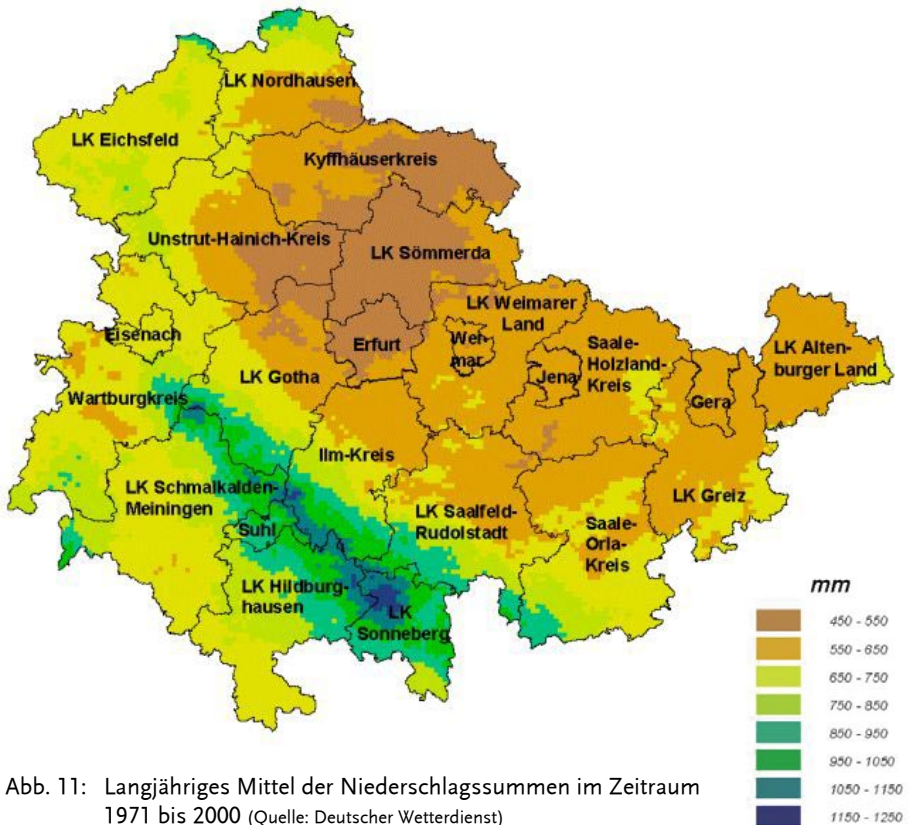


Abb. 11: Langjähriges Mittel der Niederschlagssummen im Zeitraum 1971 bis 2000 (Quelle: Deutscher Wetterdienst)

² Dargestellt sind nur die Niederschlagsmengen, die gemessen wurden. Die tatsächliche Niederschlagsmenge kann bis zu 15 % darüber liegen, weil durch schrägfallenden Niederschlag bei starkem Wind nicht die gesamte Flüssigkeitsmenge im Regenschirm erfasst wird.

Die Trockenheit im Thüringer Becken wird von der bevorzugten Anströmrichtung aus südwestlichen Richtungen durch die Lee-Wirkung des Thüringer Waldes bewirkt. Im Thüringer Wald zeigt sich in den letzten 50 Jahren eine Niederschlagszunahme von 15 bis 20 Prozent, im Gegensatz dazu im Thüringer Becken eine Niederschlagsabnahme bis 10 Prozent, vereinzelt auch bis 20 Prozent (Abb. 12).

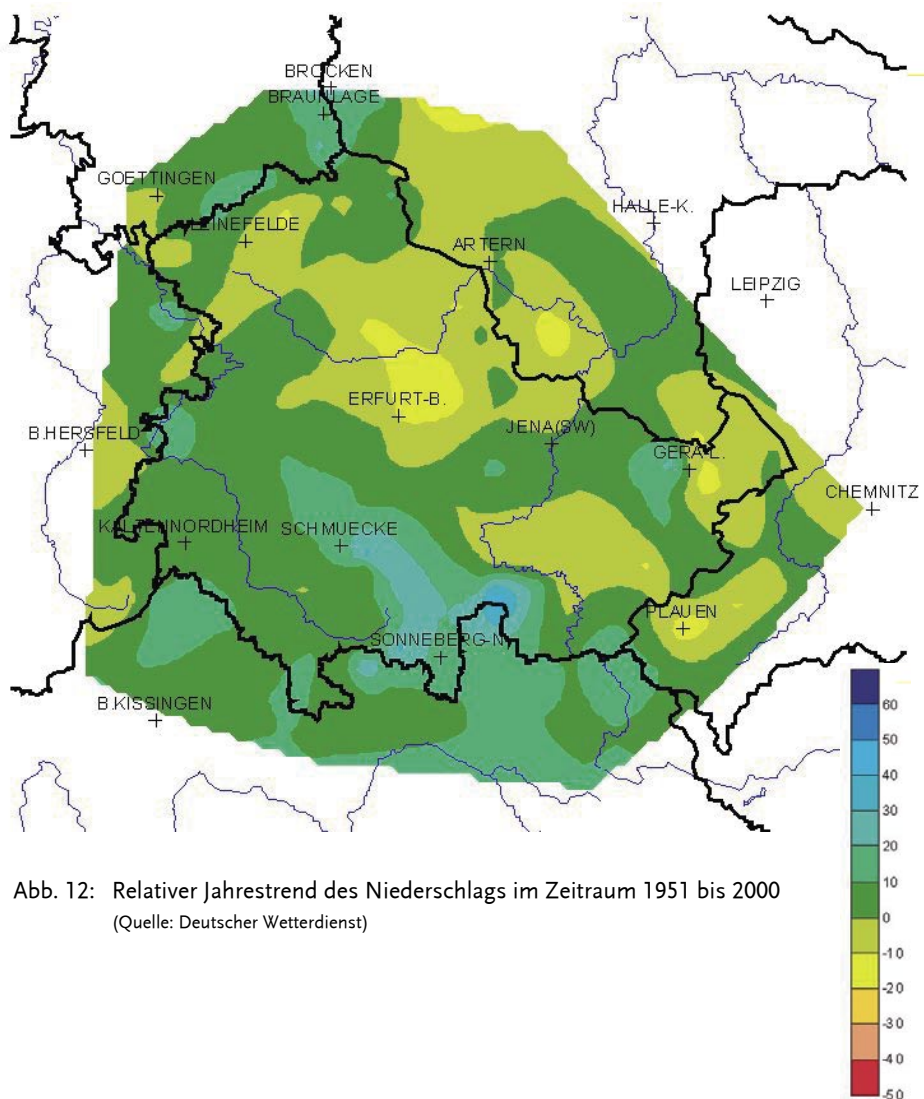


Abb. 12: Relativer Jahrestrend des Niederschlags im Zeitraum 1951 bis 2000
(Quelle: Deutscher Wetterdienst)

Im Herbst und Winter nahm der Niederschlag seit 1951 im Thüringer Wald um 30 Prozent und im übrigen Teil des Freistaates um 20 Prozent zu, im Thüringer Becken jedoch nur um bis zu 10 Prozent. Für die Vegetationsperiode zeigen sich flächendeckend deutliche Niederschlagsabnahmen von örtlich bis über 30 Prozent. Am stärksten sind die Niederschlagsabnahmen während der Monate April, Mai und Juni.

Globalstrahlung ist die auf die Erde auftreffende Sonnenenergie. Sie korreliert mit der Sonnenscheindauer. Die mittlere Jahressumme an Sonnenscheinstunden ist in Westthüringen mit ca. 1400 niedriger als in den östlichen Landesteilen mit bis zu 1600 Stunden (Abb. 13).

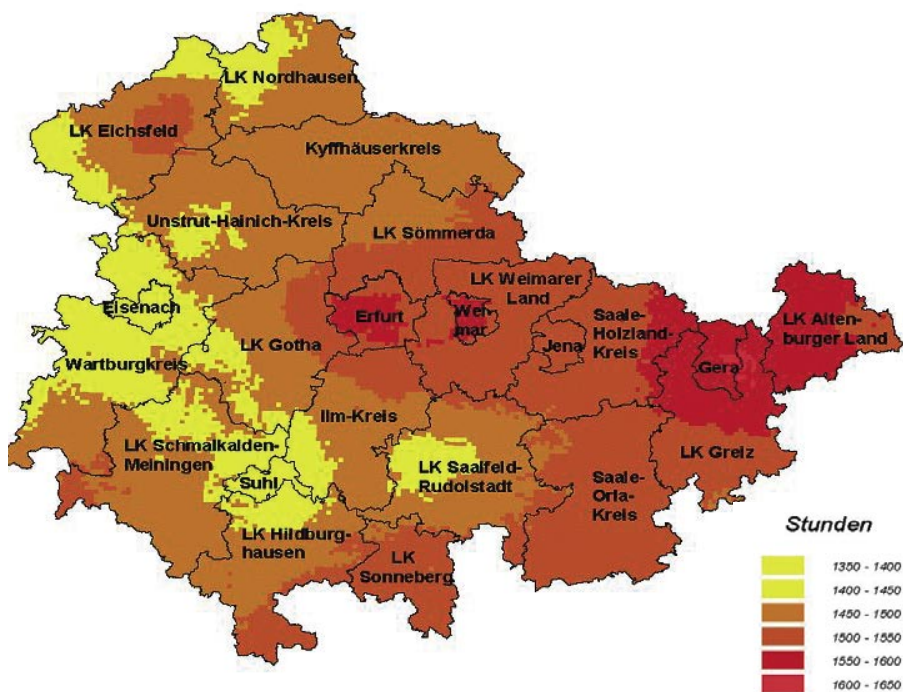


Abb. 13: Langjähriges Mittel der Sonnenscheindauer im Zeitraum 1971 bis 2000
(Quelle: Deutscher Wetterdienst)

Der Jahrestrend der Globalstrahlung zeigt über die vergangenen 30 Jahre eine flächendeckende Zunahme von 2 bis 4 Prozent, örtlich auch 6 Prozent (Abb. 14).

In Analogie zur Temperatur nimmt auch die Globalstrahlung bis auf den Herbst in allen Jahreszeiten zu. Die stärksten Trends sind dabei während des Winters im Thüringer Becken mit 12 Prozent festzustellen.

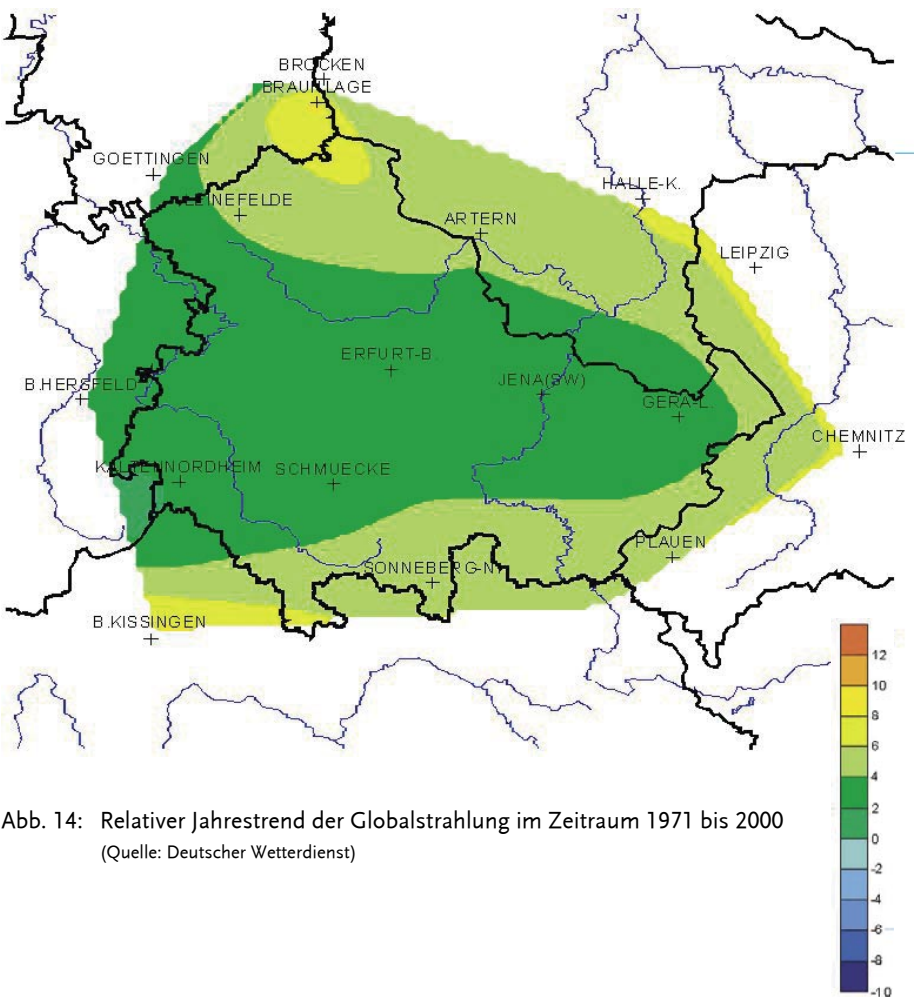


Abb. 14: Relativer Jahrestrend der Globalstrahlung im Zeitraum 1971 bis 2000
(Quelle: Deutscher Wetterdienst)

In Abbildung 15 ist beispielhaft für drei Stationen von West nach Ost der Trend der maximalen Monatsmitteltemperatur seit 1961 dargestellt. Für die gezeigten Stationen ist der Anstieg deutlich erkennbar, wobei er in Gera und Erfurt etwa gleich groß ist.

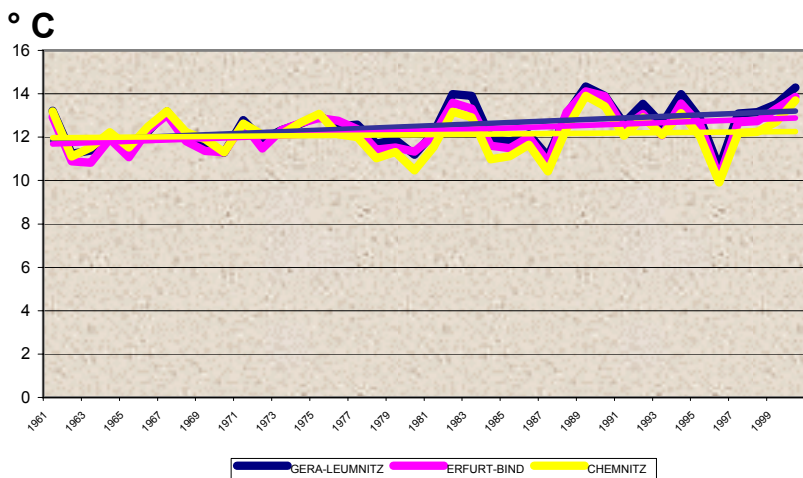


Abb. 15: Trend der maximalen Monatsmitteltemperatur im Zeitraum 1961 bis 2000
(Quelle: Deutscher Wetterdienst)

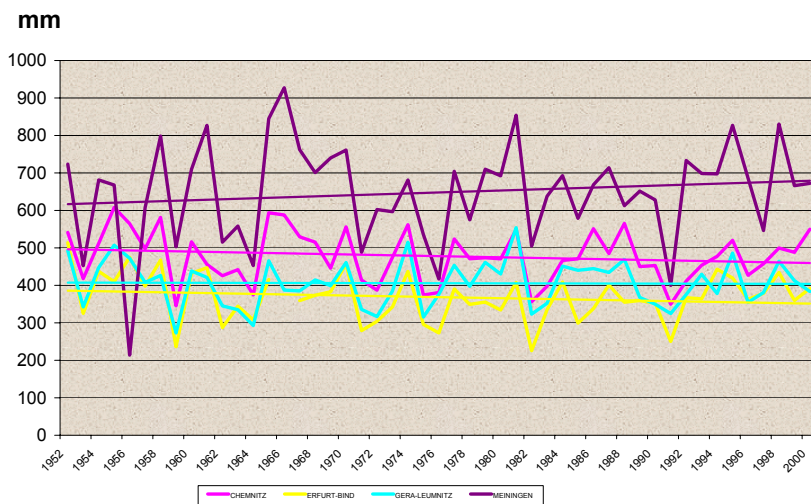


Abb. 16: Trend des mittleren Jahresniederschlags im Zeitraum 1951 bis 2000
(Quelle: Deutscher Wetterdienst)

Interessant ist auch die Abbildung 16, auf der der zeitliche Trend des Niederschlags dargestellt ist. Anhand der beispielhaft dargestellten Stationen lässt sich die jährliche Niederschlagszunahme in Süd- und Westthüringen und die Abnahmetendenz im Thüringer Becken sowie weiter östlich davon erkennen.

Dass sich lange zeitliche Trends auch in der Häufigkeit des Auftretens bestimmter Großwetterlagen nachvollziehen lassen, zeigt Abbildung 17. Hier wurde für jeweils dreißigjährige Perioden gegenüber gestellt, wie sich die Häufigkeit zweier unterschiedlich wirkender Großwetterlagen im Sommer, der feuchten und kühlen zyklonalen Westlage und des warmen und trockenen Schönwetterhochs im Laufe der Zeit verändert hat.

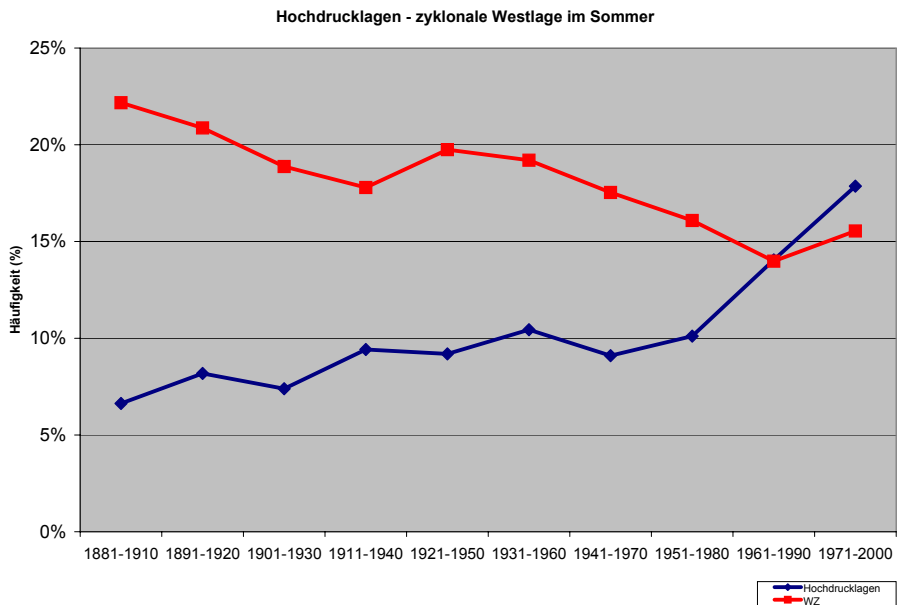


Abb. 17: Wetterlagenvergleich im Sommer im Zeitraum 1881 bis 2000
(Quelle: Deutscher Wetterdienst)

Welche Klimaveränderungen sind in Thüringen in den nächsten 50 Jahren möglich?

Eine weitere Erwärmung ist wahrscheinlich. Die berechnete Jahresmitteltemperatur für den Zeitraum 2021 bis 2050 ist in folgender Abbildung dargestellt. Sie kann farblich direkt mit Abbildung 9 verglichen werden, die die Jahresmitteltemperatur 1971 bis 2000 darstellt. Der größere gelbe und rote Anteil gegenüber dem in Abbildung 9 vorhandenem blauen und grünen Anteil zeigt einen Anstieg der Jahresmitteltemperatur von ca. 1,5 °C.

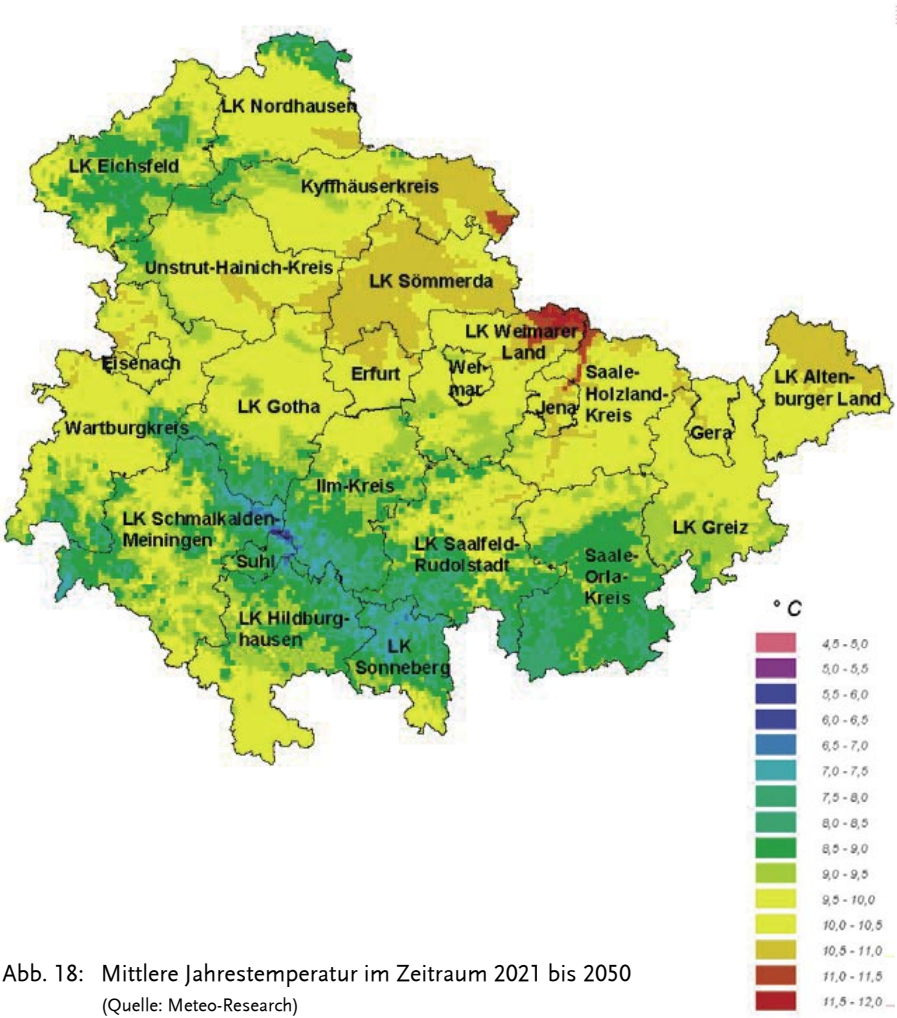


Abb. 18: Mittlere Jahrestemperatur im Zeitraum 2021 bis 2050
(Quelle: Meteo-Research)

Die Zunahme ist voraussichtlich bei den **Maximumtemperaturen** im Herbst mit 1,0 Grad am geringsten, sie beträgt nach dem berechneten Szenario im Frühling 1,1 °C, im Sommer 2,5 °C und im Winter 3,4 °C. Für die Mittelgebirgsregionen fällt die berechnete Erwärmung beim Maximum im Winter und im Sommer ca. 0,5 °C geringer aus als dies für tiefer gelegene Stationen der Fall ist.

Die berechneten Änderungen der **Minimumtemperatur** fallen im Vergleich zur Maximum-Temperatur mit Ausnahme des Winters deutlich geringer aus. Im Jahrzehnt 2041/2050 ergibt sich demnach eine Erwärmung im Frühling um 0,6 °C, im Sommer um 1,7 °C, im Herbst um 0,5 °C und im Winter um 3,2 °C.

Für die **Sonnenscheindauer** ist im Sommer eine Erhöhung um 0,9 Stunden/Tag wahrscheinlich, im Frühling und Herbst ist eine Zunahme der Sonnenscheindauer um 0,6 bzw. 0,5 Stunden pro Tag zu erwarten. Im Winter ergibt sich keine Änderung der Sonnenscheindauer.

Beim **Niederschlag** zeigen sich signifikante geographisch gegliederte Unterschiede für die Änderung der Monatssumme im Winter durch eine verstärkte Süd- bis Südwestanströmung mit Stauwirkungen vor dem Thüringer Wald und Harz. Ansatzweise ist dieser Effekt auch im Sommer sichtbar. Ebenso wie bei der Lufttemperatur wird auch beim Niederschlag eine Entwicklung erwartet, die von Dekade zu Dekade nicht gleichförmig erfolgt.

Im Winter zeigt sich eine deutliche Zunahme der monatlichen Niederschlagssummen. Die Rechnungen ergaben, dass diese im Flächenmittel über Thüringen 22,9 Prozent gegenüber dem Vergleichszeitraum 1981/2000 liegen. Besonders in den durch Luftmassenstau an den Gebirgen beeinflussten Regionen ist eine Zunahme der Niederschläge von 40 bis zu 50 Prozent, an Einzelstationen auch noch darüber möglich. Im unmittelbaren Lee-Bereich gibt es demgegenüber eine Reihe von Stationen, bei denen auch im Winter eine Verringerung der Niederschläge auftreten kann.

Im Sommer und Herbst ist mit einer Abnahme der mittleren Monatsniederschläge zu rechnen. Im Flächenmittel könnte die Änderung der Monatsniederschläge im Sommer –7,5 Prozent und im Herbst –9,7 Prozent betragen. Im Frühling ist die zu erwartende Niederschlagsänderung mit +3 Prozent geringfügig. Damit könnte sich das gebietsweise bereits jetzt spürbare Defizit an Niederschlag während der Vegetationszeit noch verstärken.

Die Variabilität von Station zu Station ist beim Niederschlag in den Sommermonaten wegen der verstärkten Schauertätigkeit deutlich größer als in den übrigen

Jahreszeiten. Dabei besteht eine allgemeine Tendenz zu größerer Trockenheit von Südwest nach Nordost. Besonders die Region um den Harz lässt eine deutliche Abnahme der Niederschläge im Sommer erkennen.

Im Szenario zeigt sich folgendes flächenhaftes Bild der prozentualen Niederschlagsentwicklung in den vier Jahreszeiten (Abb. 19 bis 22).

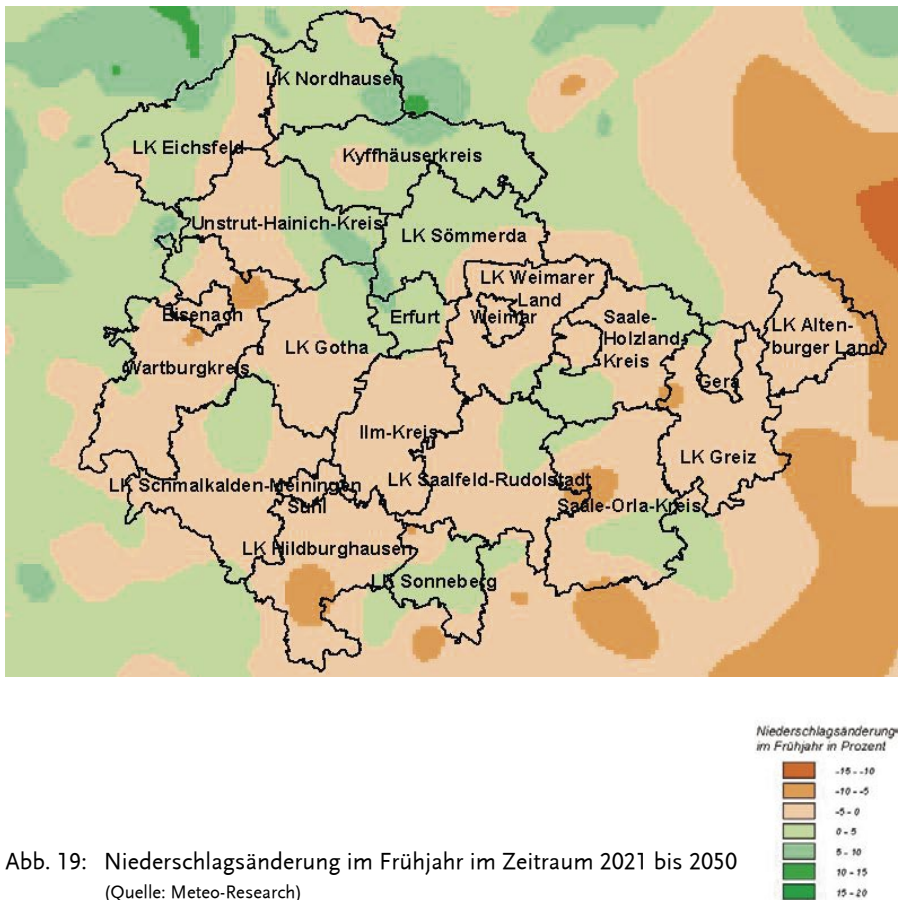


Abb. 19: Niederschlagsänderung im Frühjahr im Zeitraum 2021 bis 2050
(Quelle: Meteo-Research)

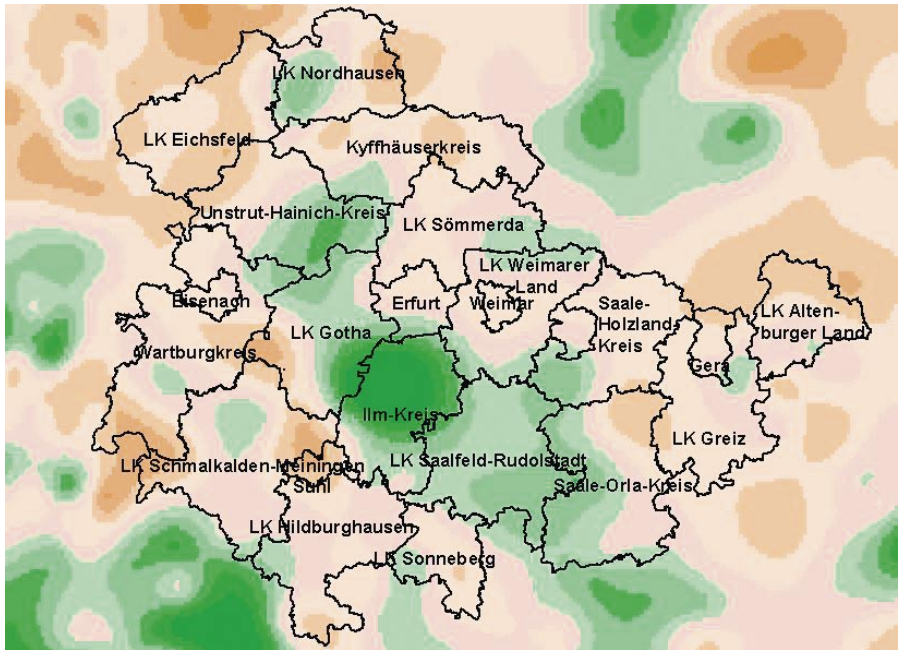
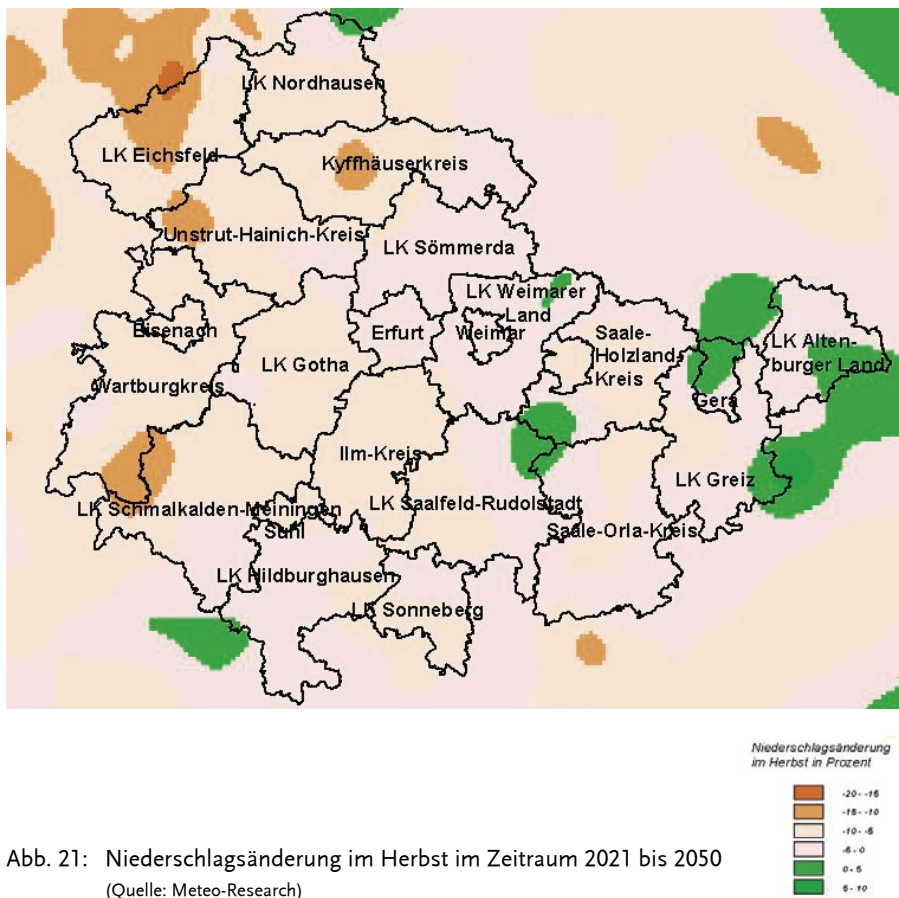
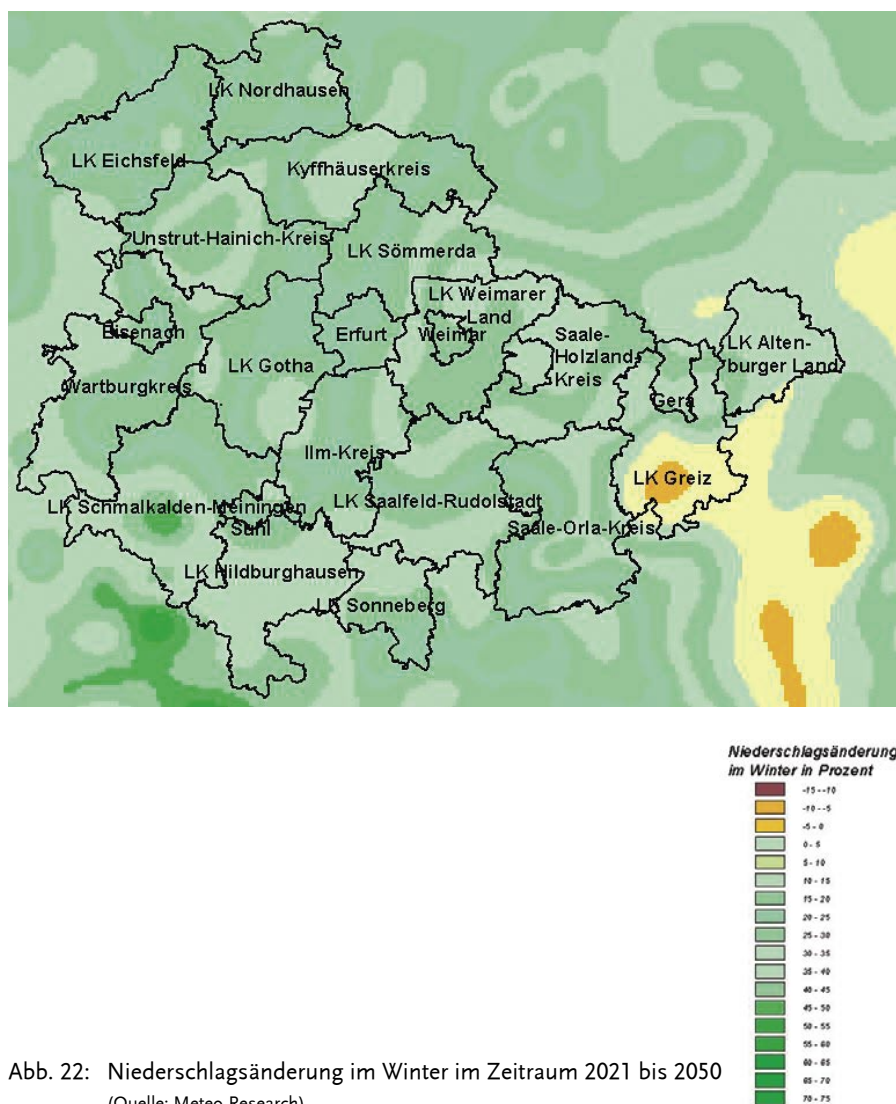


Abb. 20: Niederschlagsänderung im Sommer im Zeitraum 2021 bis 2050
(Quelle: Meteo-Research)





Im Szenario zeigt sich sehr deutlich eine Verringerung der Anzahl der Frost- ($T_{\min} < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) und Eistage ($T_{\max} < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Die Zahl der Sommertage ($T_{\max} > 25\text{ }^{\circ}\text{C}$) und heißen Tage ($T_{\max} > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$) scheint deutlich zuzunehmen.

Im Sommer werden nach dem Szenario Maximaltemperaturen bis zu $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ erwartet. Dieser Wert liegt ca. $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ höher als die bisherigen mittleren Maxima. Analog dürfte die Zunahme der höchsten Tagesminima verlaufen.

In dieser Jahreszeit ist auch mit einer Zunahme von Niederschlagsereignissen mit hoher Intensität zu rechnen. Dies ergibt sich aus einer Intensivierung der Schauer- und Gewittertätigkeit in dem hier untersuchten Klimaszenario trotz einer Abnahme der mittleren Niederschläge im Sommer. Im Winter hingegen ist sowohl mit einer Zunahme der Häufigkeit mäßig starker Niederschlagsereignisse als auch mit einer Zunahme der Häufigkeit starker Niederschlagsereignisse zu rechnen.

Die folgende Tabelle zeigt für ausgewählte Stationen die nach dem berechneten Szenario für die einzelnen Jahreszeiten erwartete Entwicklung bei den Mitteltemperaturen sowie den Niederschlagsänderungen im Zeitraum 2021 bis 2050 gegenüber 1981 bis 2000. Die Temperaturänderungen (t) sind in $^{\circ}\text{C}$, die Niederschlagsänderungen (n) in Prozent angegeben. Die Indizes bezeichnen die vier Jahreszeiten.

Station	t_F	t_S	t_H	t_W	n_F	n_S	n_H	n_W
Erfurt-Bindersleben	0,8	1,5	0,7	3,4	4,5	-4,0	-4,2	23,3
Gera-Leumnitz	0,8	1,3	0,7	3,3	-2,9	-5,3	-2,7	12,0
Jena-Sternwarte	0,8	1,1	0,6	3,3	-3,0	-3,9	-7,1	2,7
Kaltennordheim	1,0	1,6	0,8	2,6	-2,2	-16,7	-11,4	35,6
Kelbra	0,8	1,3	0,5	3,2	10,8	-8,8	-6,2	30,3
Leinefelde	0,9	1,3	0,7	3,2	2,2	-10,7	-9,7	24,9
Meiningen-Dreißig.	0,8	1,6	0,6	2,8	-1,8	-1,0	-3,5	48,6
Schmücke	1,0	1,5	0,9	2,7	-0,4	-9,2	-9,5	13,2
Sonneberg	0,9	1,6	0,8	2,8	2,8	-10,5	-6,4	26,8
Weimar	0,8	1,2	0,6	3,3	-3,0	-9,1	-4,2	6,6

Tab. 2: Jahreszeitliche Temperatur- und Niederschlagsentwicklung an ausgewählten Stationen (Quelle: Meteo-Research)

Klima – Anpassung und/oder Einflussnahme

Welche Risiken und welche Chancen bergen Klimaveränderungen in sich?

Das beschriebene Szenario lässt vielleicht den Schluss zu, dass die ablaufende Klimaveränderung für Thüringen nicht schlimm oder vielleicht sogar vorteilhaft wäre. Dabei ist zu bedenken, dass das verwendete globale Szenario in anderen Regionen der Erde mit Gewissheit drastischere Veränderungen bewirkt. Das Szenario gilt als realistisch und moderat, weil es auf einer Welt beruht, in der lokale Lösungen mit wirtschaftlicher, sozialer und ökologischer Nachhaltigkeit bevorzugt werden, das auf umweltfreundliche, aber dabei eher regionale Maßnahmen setzt und in dem die Weltbevölkerung langsamer als bisher weiter wächst.

Die dargestellten Ergebnisse sollten aber auch uns Thüringer nicht in falscher Sicherheit wiegen und die Hände in den Schoß legen lassen. Viele Unwägbarkeiten könnten die Ergebnisse noch umstoßen. Diese liegen in anderen Entwicklungen in der Welt als den angesetzten, in bisher noch nicht erkannten und berücksichtigten Wechselwirkungen im Klimasystem und anderem mehr.

Aber selbst wenn dieses Ergebnis zutrifft, könnten sich in Thüringen deutliche Veränderungen vollziehen. Im wirtschaftlichen und sozialen Bereich wird man mit höheren Temperaturen, meist mehr Sonne und in der Vegetationszeit mit weniger Niederschlag zurecht kommen müssen. Ein Umstand, der vielleicht Winzer freut, aber bestimmt nicht Unternehmen, die im Wintertourismus tätig sind oder die Land- und Forstwirtschaft im herkömmlichen Sinne betreiben. So wird die Klimaveränderung in den nächsten Jahren zwangsläufig eine Anpassung an das künftige Klima erfordern und bewirken. Extreme Witterungsbedingungen bedürfen in Zukunft noch besserer Vorsorge- und Anpassungsstrategien. So sind beispielsweise bei sich rasch änderndem Klima bekannte Wiederkehrintervalle von Hochwässern nicht mehr gültig, weil die Variation der Witterung zunimmt.

Das Gebot sollte sein, nicht mehr Einfluss auf das Klima, sondern eher weniger Einfluss auf das Klimasystem zu nehmen. Dies erfordert, Belastungen nicht nur im großen Stil, sondern auch im täglichen Leben zu vermeiden. Schließlich tragen wir als hochentwickeltes Land eine große Verantwortung für die Zukunft.

Wie können wir uns auf Klimaveränderungen einstellen?

Klimaveränderungen hat es immer gegeben und wird es immer geben. Die moderne Gesellschaft reagiert jedoch angesichts der zunehmenden Globalisierung

immer empfindlicher auf diese Einflüsse. Verkehr, Elektronik, Kommunikation, Nahrungsmittelproduktion, Bewältigung von Krankheiten, all dies sind Felder, die auf Klimaeinflüsse sehr stark reagieren.

Auch wenn nach den durchgeführten Berechnungen Thüringen von schwerwiegenden negativen Folgen weitgehend verschont bleiben sollte, gewinnt die Maxime „Global denken – lokal handeln“ gerade bei diesem Thema zunehmend an Bedeutung. In Zukunft könnten andere Völker in zunehmendem Maße auf unsere Unterstützung angewiesen sein.

Für jeden Einzelnen ergeben sich vielfältige Erfordernisse, aber auch Möglichkeiten, sich auf Veränderungen einzustellen. Erfordernisse ergeben sich zwangsläufig für jeden, der sich mit der Natur und dem Leben verbunden fühlt, weil durch klimatische Stressfaktoren mehr Sorgfalt und Obhut für das Leben von Pflanzen und Tieren, aber auch für unsere Nachkommen notwendig werden.

Für den Umgang mit den Möglichkeiten bei der Vorsorge und dem Schutz des Klimasystems müssen wir uns tagtäglich neu motivieren. Ineffizienter Einsatz von Energie und Ressourcen belastet das Klimasystem durch Abgase, welche die natürliche Luft verändern. Ökologisches Handeln ist nebenbei gesagt auch bestes wirtschaftliches Handeln.

Aber Energiesparen im engeren Sinne ist nicht die einzige Möglichkeit, aktiven Klimaschutz zu betreiben. Genauso wichtig ist eine klimaschonende Infrastruktur. Je weniger Verkehr erforderlich ist, desto natürlicher bleibt unsere Luft und je weniger der Boden versiegelt ist, desto besser sind seine natürlichen Funktionen zu nutzen. Überall, wo der Boden versiegelt, bebaut, bewässert oder renaturiert, mit künstlichen Hindernissen oder Schneisen versehen wird, kurzum die Nutzung grundlegend verändert wird, leistet der Mensch einen Beitrag zum Klima – zu dessen Schutz oder Schaden.

Auch im privaten Bereich ist ein sparsamer Einsatz von Ressourcen nicht nur ein Vorteil für das Klima, sondern auch für den persönlichen Geldbeutel.

Thüringen ist reich an vielen Produkten aus eigener Herstellung. Bedenken Sie beim Einkaufen, wie viele klimabelastende Stoffe bei langen Transportwegen in die Luft gelangen.

Thüringen ist reich an Natur und Kultur. Die Nutzung dieser Möglichkeiten ist eine lohnenswerte Alternative mit vermindertem Ausstoß von Treibhausgasen im Vergleich zu Fernreisen. Bei einem Besuch im Nationalpark Hainich, einem der

15 Nationalparke Deutschlands, zeigt sich zum Beispiel die Harmonie zwischen Pflanzen, Tieren und dem Klima.

Auch lohnen kilometerweite Fahrten, um an ein Schnäppchen zu gelangen, oftmals selbst finanziell nicht – abgesehen von der gesamten Umweltbilanz.

Neben der Frage, ob eine Fahrt mit dem Auto überhaupt notwendig ist, kommt es aber auch auf den persönlichen vorausschauenden Fahrstil an.

Im Haushalt lassen sich in Verbindung mit einem persönlichen Beitrag zum Klimaschutz auch erhebliche Einsparungen erzielen, indem bei Elektrogeräten auf längere Standby-Zeiten verzichtet wird.

Einen großen Einfluss auf den Ressourcenverbrauch und Treibhausgasemissionen haben auch die Heizsysteme. Durch effektive Betriebsweise moderner Anlagen eventuell mit dem Einsatz erneuerbarer Energien können ebenfalls Kosten gespart werden.

Manchmal ist auch eine Reparatur von Geräten günstiger als eine Neuanschaffung.

Nicht zuletzt sollte der Wert des Klimas stets im Zusammenhang mit unserem Lebensraum gesehen und auch unserer Jugend geeignet vermittelt werden.

Die Wirkungen unseres Handelns sind vielfältig, wenn auch im Einzelnen meist gering. Die Vielzahl der Aktivitäten kann aber positive Wirkung zeigen.

Herr Professor Dr. Hartmut Grassl, der Direktor des Max-Planck-Institutes Hamburg, hat Klima und Leben sehr treffend verglichen, „beide sind von Sonnenenergie, Wasser und Vegetation abhängig“. Deshalb ist Klima wie ein Lebensmittel. Wenn es verdorben ist, kann es für uns lebensgefährlich werden. Zerstören wir nicht mutwillig, aber auch nicht fahrlässig das Gleichgewicht im Klimasystem.

Neben allem Wissenschaftlichen sollten wir stets daran denken, dass Klima und Wetter auch etwas Ästhetisches haben. Viele klassische Werke der Kunst behandeln das Thema. Wie beeindruckend hat Vivaldi die Vier Jahreszeiten komponiert und wie überwältigend sind die Landschaftsbilder zum Beispiel von Vincent van Gogh. Auch diese Ästhetik gilt es zu bewahren.

Weiterführende Literatur:

Lozàn, Graßl, Hupfer:

Warnsignal Klima – Das Klima des 21. Jahrhunderts

Wissenschaftliche Fakten

Hamburg 1998; ISBN 3-00-002925-7

Schönwiese:

Klimaänderungen – Daten, Analysen, Prognosen

Springer-Verlag Berlin, Heidelberg 1995; ISBN 3-540-59096-X

Klimaänderung 2001 – Synthesebericht

Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC)

Bonn 2002; ISBN 3-00-009910-7

Umweltpolitik – Klimawandel und Konflikte

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Berlin 2002

REKLI – Aufbau einer Klimadatenbank und Regionale Klimadiagnose für Thüringen

Institut für Hydrologie und Meteorologie der Technischen Universität Dresden

Dresden 2003; bisher unveröffentlicht

REWA – Abschätzung regionaler Klimaänderungen für Thüringen

Meteo-Research

Stahnsdorf, 2003; bisher unveröffentlicht

Einige interessante Internet-Seiten zum Thema:

<http://www.bmu.de>

<http://www.dbu.de>

<http://www.dwd.de>

<http://www.eea.eu.int>

<http://www.ipcc.ch>

<http://www.pik-potsdam.de>

<http://www.umweltbundesamt.de>

<http://www.wbgu.de>

Diese Schrift darf weder von Parteien noch von Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben politischer Informationen oder Werbemittel.

Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Impressum:

Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie
Prüssingstraße 25
07745 Jena
Tel.: 0 36 41/6 84-0
Fax: 0 36 41/6 84 2 22
e-mail: TLUG.Post@TLUGJena.Thueringen.de
Internet: <http://www.tlug-jena.de>

Verfasser: Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie
Referat 42 – Luftqualität, Lärm, Verkehr, Klima
Herr Dipl.-Physiker Rainer Kunka
Tel.: 0 36 41/6 84 2 31
Fax: 0 36 41/6 84 2 22
e-mail: r.kunka@TLUGJena.Thueringen.de

Jena, im Mai 2004

Hergestellt auf chlorfrei gebleichtem Papier

Herzlichen Dank an die Mitarbeiter des Lehrstuhls für Meteorologie der Technischen Universität Dresden unter der Leitung von Herrn Professor Dr. Christian Bernhofer, an Herrn Dr. Wolfgang Enke und seine Mitarbeiter von der Fa. Meteo-Research in Stahnsdorf sowie an Herrn Gerhard Müller-Westermeier, Herrn Manfred Töpfer sowie Frau Helga Ißermann beim Deutschen Wetterdienst in Offenbach, Potsdam und Weimar, ohne deren Mithilfe und Unterstützung diese Schrift nicht möglich geworden wäre.

